بررسی تاثیر مکمل جلبک کلرلا (*Chlorella* sp.) بر روی رنگ ماهی زبرا دنیو (*Danio rerio*)

- **رسول علی‌عزیزی**: گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، صندوق پستی: ۱۹۱۵
- **منصوره قائنی***: گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، صندوق پستی: ۱۹۱۵

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹٤ تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹٤

چکیده

ماهی زبرا دنیو (*Danio rerio*) یکی از ماهیان زینتی بسیار زیبا در آب شیرین و مناطق گرمسیری می‌باشد که در ایران نیز طرف‌داران بسیاری دارد. این پژوهش با هدف تاثیر جیره غذایی ریزجلبک کلرلا (*Chlorella* sp.) بر تغییر شاخص‌های رنگ ماهی زبرا دنیو انجام شد. تعداد ۳٦۰ قطعه ماهی زبرا دنیو به‌طور تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار در ۱۲ آکواریوم تقسیم شدند که تیمارهای غذایی شامل تیمار ۱ یا شاهد (غذایی با نام انرژی که فروشگاه‌های آکواریوم استفاده می‌کنند)، تیمار ۲ (غذای انرژی به‌همراه ۰/۵ درصد مکمل جلبک کلرلا)، تیمار ۳ (غذای انرژی به‌همراه ۱ درصد مکمل جلبک کلرلا) و تیمار ٤ (غذای انرژی به‌همراه ۱/۵ درصد مکمل جلبک کلرلا) بودند. بالاترین میزان مولفه‌های L، a، b، هیو و کروما به‌ترتیب ۱٤/٤۷±۵۸/۷۵، ٤/۳٤±۵۳/۷۵، ۱/٤٤±۱٦، ۱/۲۲±۲۲/۲۳ و ٤/٤۹±۵۵/۸٦ محاسبه شد. در این تحقیق تغذیه ماهی زبرا دنیو با جلبک کلرلا تاثیر مطلوبی بر روی رنگ این گونه داشت، با توجه به این‌که بین تیمار ۱ و ۱/۵ درصد در مولفه های L، a، b، هیو و کروما اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (P>۰/۰۵)، به‌نظر می‌رسد تیمار ۱ درصد پودر جلبک کلرلا بهترین تیمار مورد استفاده برای رنگ ماهی زبرا می‌باشد. البته شایان ذکر است که رنگ قرمز و زرد پوست ماهی زبرا دنیو (مولفه‌های a، b) پس از دوره پرورش ٦۰ روزه بیش‌تر نمایان شده و شفافیت آن که مربوط به مولفه L می‌باشد نیز افزایش داشت.

کلمات کلیدی: جلبک کلرلا، ماهی زبرا دنیو، جیره غذایی، رنگ بدن

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mansorehghaeni@gmail.com

مقدمه

تکثیر و پرورش ماهیان زینتی ظرف چند دهه اخیر در ایران توسعه چشمگیری داشته است، به‌طوری‌که در حال حاضر این صنعت سهم به‌سزایی در ایجاد اشتغال، تجارت داخلی و خارجی داشته است و هر ساله گونه‌های جدید و ارزشمندی وارد ایران می‌شود. بخش اعظم پرورش ماهیان زینتی در ایران مربوط به گونه‌های آب شیرین است. استان‌های اردبیل، تهران، قزوین، البرز و مرکزی نقش عمده‌ای در زمینه پرورش ماهیان آکواریومی دارند و بزرگ‌ترین تولیدکنندگان ماهیان زینتی محسوب می‌شوند، به‌طوری‌که در سال ۱۳۹۱ میزان تولید ماهیان زینتی در کشور ۱۴۷۸۵۴ قطعه بوده است (سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۳۹۲؛ عادلی، ۱۳۹۰).

ماهی زبرا دنیو (*Danio rerio*) از ماهیان زینتی بسیار زیبا در آب شیرین و مناطق گرمسیری می‌باشد که زیستگاه آن شرق هند، بنگلادش، پاکستان، میانمار و نپال بوده و از خانواده کپورماهیان است (Saddhe و همکاران، ۲۰۱۳). طول عمر آن حدود ۵ سال است و در دمای ۱۸ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد به راحتی زندگی می‌کند. حداکثر طول آن ۶ سانتی‌متر است. روی بدن خطوط افقی رنگی دارد. دارای رژیم غذایی همه‌چیزخواری می‌باشد (Quigley و Parich، ۲۰۰۲). دارای جثه کوچک و باریک است و هیچ‌گونه اندام دفاعی ندارد، کارهای ترانسژنیک زیادی روی این ماهی انجام شده است تا جنبه‌های زیبایی و الگوهای رنگی آن را تغییر دهند (Hill و همکاران، ۲۰۱۱). این ماهی به‌دلیل هم‌آوری بالا، اندازه کوچک، دوره جنینی شفاف و دوره زندگی کوتاه در مطالعات زیست پزشکی کاربرد زیادی برای مطالعه بیماری‌های مختلف دارد (Koerber و Kalishman، ۲۰۰۹؛ Lawrence، ۲۰۰۷).

رنگ یکی از مهم‌ترین ویژگی‌ها در ماهیان تزئینی می‌باشد. کاروتنوئیدها در رنگ پوست و عضله ماهیان تاثیر بسیار زیادی دارد. با توجه به این‌که ماهی توانایی ساخت این رنگدانه‌ها را ندارد باید در رژیم غذایی آن‌ها وجود داشته باشد. هم‌چنین با توجه به این‌که رنگدانه‌های سنتزی اثرات سوء زیست محیطی دارد، تقاضا برای مصرف رنگدانه‌های طبیعی بیش‌تر شده است. ریزجلبک‌ها از منابع غنی کاروتنوئیدی می‌باشند که از این گروه می‌توان به کلرلا، اسپیرولینا و هماتوکوکوس اشاره کرد (Gupta و همکاران، ۲۰۰۶).

در تحقیقی اثر آستاگزانتین و جلبک دونالیلا سالینا (*Dunaliella salina*) بر رنگ پوست ماهی اسکار سفید (*Astronorus ocellatus*) مشخص گردید که مولفه a (مقادیر مثبت آن معادل رنگ قرمز است) و مولفه b (مقادیر مثبت آن معادل رنگ زرد است)، در تیمار آستاگزانتین و دونالیلا افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد نشان داد ($P<0/05$). مولفه L (معادل روشنایی تصویر است) در تیمار آستاگزانتین کاهش معنی‌داری نسبت به دونالیلا و شاهد داشت ($P<0/05$)(مشعل‌چی و همکاران، ۱۳۸۹). هم‌چنین گزارش شده که جلبک دونالیلا سالینا (*Dunaliella salina*) نیز باعث افزایش رنگدانه پوست ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) می‌گردد (عمادی و همکاران، ۱۳۸۹). تغییرات ایجاد شده و قرمز شدن رنگ پوست ماهی سیچلاید (*Cichlasoma severum*) تحت تاثیر جیره غذایی جلبک قرمز تک‌سلولی سراتوم (*P. cruentum*) نیز تایید شده است (Kop و Durmaz، ۲۰۰۷).

کلرلا از جلبک‌های تک‌یاخته‌ای آب‌های شیرین است و به‌راحتی به‌صورت انبوه کشت می‌شود. کشت تجاری کلرلا از سال ۱۹۶۰ در دنیا آغاز شده است. در آسیا حدود ۷۰ شرکت در ۴۶ کشور هستند که کلرلا را تولید می‌کنند. درآمد سالانه تولید کلرلا سالانه ۳۸ میلیارد دلار است. در کشور کوچک تایوان سالانه بیش از ۱۵۰۰ تن پودر جلبک کلرلا تولید می‌گردد. این جلبک در حدود ۳۰ درصد پروتئین، ۱۵ درصد چربی، ۳۰ درصد کربوهیدرات و ۵ درصد مواد معدنی دارد و در شرایط مناسب تا ۵۰ درصد وزن خشک این جلبک را پروتئین و ۸/۵ درصد آن را چربی‌ها تشکیل می‌دهند. پروتئین‌های کلرلا تمام اسیدهای آمینه ضروری را دارا هستند، دیواره سلولی کلرلا قابلیت جذب و دفع فلزات سنگین، سموم شیمیایی و برخی سموم پایدار را داراست (Janczyk و همکاران، ۲۰۰۷؛ قربانی و سادات‌سوار، ۱۳۸۵؛ ریاحی، ۱۳۸۱).

امروزه در بسیاری از کشورهای اروپایی و آسیایی از جلبک کلرلا جهت تولید مکمل‌های غذایی استفاده می‌شود. کلرلا حاوی بیش‌ترین میزان کلروفیل در بین تمام گونه‌های گیاهی شناخته شده است. این جلبک به‌دلیل محتوای غنی و کامل خود، کمبودهای احتمالی در رژیم غذایی را از طریق تامین پروتئین، فیبر، ویتامین‌ها، عناصر معدنی جبران می‌کند (Janczyk و همکاران، ۲۰۰۷؛ Morita و همکاران، ۱۹۹۹)، بنابراین با توجه به این‌که مکمل و قرص‌های کلرلا سال‌های اخیر در ایران جایگاه خود را پیدا کرده است این مکمل برای مطالعه حاضر انتخاب شد. هم‌چنین ماهی زبرا در دنیا به‌عنوان یک مدل تحقیقاتی مطرح است و به‌دلیل رنگ زیبا و تنوع رنگی اهمیت فراوانی در مطالعات رنگ و الگوهای رنگی دارد، به‌همین

منظور و با توجه به این‌که تاکنون این گونه در ایران مورد مطالعه قرار نگرفته است، انتخاب شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با ۱۲ عدد آکواریوم در شهرویس از توابع شهرستان اهواز به‌مدت ۶۰ روز انجام شد. ابعاد آکواریوم‌ها به‌طول ۵۰، عرض ۳۰ و ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر بودند. درجه حرارت تمامی آکواریوم‌ها و دمای اتاق از طریق دماسنج کنترل می‌شد که میانگین دمای اتاق ۱±۲۸ درجه سلسیوس بود. داخل هر آکواریوم یک فیلتر اسفنجی استفاده شد تا کار فیلتراسیون را انجام دهد. جهت انجام عمل کلرزدایی از محلول ویژه ضد کلر به‌ازای هر قطره در یک لیتر آب استفاده گردید. پس از قرار دادن فیلترهای ویژه در آب و اتصال به پمپ‌های هوا به‌وسیله شیلنگ‌های رابط اقدام به هوادهی شد و به‌مدت دو روز بدون این‌که ماهی در آکواریوم باشد عمل هوادهی صورت گرفت تا تعادل اکسیژنی و هم‌دمایی در کلیه آکواریوم‌ها انجام شود. در هر آکواریوم ۳۰ عدد ماهی قرار می‌گیرد.

تعداد ۳۶۰ قطعه ماهی زبرا در فروردین ماه ۱۳۹۳ با میانگین وزنی ۰/۰۴۹ گرم و کاملاً سالم از یکی از مراکز فروش ماهیان زینتی در استان خوزستان خریداری گردید و پس از ۶۰ دقیقه آداپتاسیون آن‌ها را به آکواریوم‌هایی که از قبل ضدعفونی و آماده شده بودند و دمای حدود ۲۸-۲۶ درجه سانتی‌گراد داشتند و فیلترهای تصفیه در آن تعبیه شده بود رهاسازی شدند و قبل از شروع دوره غذادهی نسبت به زیست‌سنجی آن‌ها اقدام گردید. ماهیان به‌طور تصادفی با چهار تیمار در ۱۲ آکواریوم به شرح زیر تقسیم شدند که تیمارهای غذایی در این پژوهش دارای ۳ تکرار است شامل:

تیمار ۱: شاهد (غذایی با نام انرژی که فروشگاه‌های آکواریوم استفاده می‌کنند)

تیمار ۲: غذای انرژی به‌همراه ۰/۵ درصد مکمل کلرلا

تیمار ۳: غذای انرژی به‌همراه ۱ درصد مکمل کلرلا

تیمار ۴: غذای انرژی به‌همراه ۱/۵ درصد مکمل کلرلا

ماهیان هر تیمار با خوراک درنظر گرفته شده به‌صورت روزانه در دو نوبت به میزان ۱۰ درصد وزن بدن ماهیان تغذیه گردیدند. تغذیه با این خوراک‌ها به‌مدت ۸ هفته انجام شد. میزان ترکیبات موجود در پودر جلبک کلرلا در جدول ۱ آمده است (Dring، ۲۰۱۳؛ Richmond و Hu، ۲۰۱۳).

جدول ۱: میزان ترکیبات مغذی پودر جلبک کلرلا

مواد مغذی	مقدار
پروتئین	۶۰-۵۵ گرم
چربی	۱۲-۱۰ گرم
کلروفیل	۲-۱ گرم
کاروتنویید	۰/۴-۰/۲ گرم
فیکوسیانین	۰
پتاسیم	۱۴۰۰-۱۰۰۰ میلی‌گرم
کلسیم	۴۰۰-۲۰۰ میلی‌گرم
فسفر	۵۰۰-۳۰۰ میلی‌گرم
منیزیم	۳۰۰-۲۵۰ میلی‌گرم
آهن	۸۰-۵۰ میلی‌گرم
پرو- ویتامین A	۰/۵-۰/۴ میلی‌گرم
ویتامین B_1	۲-۱ میلی‌گرم
ویتامین B_2	۵-۴ میلی‌گرم
ویتامین B_6	۱/۲-۰/۸ میلی‌گرم
ویتامین B_{12}	۰/۲-۰/۱ میلی‌گرم
ویتامین E	۸-۶ میلی‌گرم
نیکوتین اسید	۱۰-۸ میلی‌گرم
اینوزیتول	۱۰۰-۸۰ میلی‌گرم

اندازه‌گیری مولفه‌های مربوط به رنگ ماهی در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز انجام شد. برای اندازه‌گیری میزان تغییر رنگ ایجاد شده در پوست ماهی از روش توصیه شده توسط Yam و Papadakis (۲۰۰۴) استفاده گردید. این روش مبتنی بر پردازش تصویر گرفته شده توسط دوربین دیجیتال با میزان نور و شرایط کاملاً مشابه می‌باشد که از هر تکرار ۴ ماهی به‌طور تصادفی انتخاب شده و تصویربرداری گردید. برای ایجاد شرایط یکسان در تصویربرداری از یک جعبه یونولیتی با پوشش کاملاً سیاه داخلی مجهز به یک لامپ فلئوروسنت ۲۰ وات و دوربین Canon مدل SD۲۱۰ استفاده شد. آنالیز عکس گرفته شده توسط نرم‌افزار Photoshop انجام گردید. این نرم‌افزار رنگ را بر اساس سه فاکتور کمی می‌نماید که شامل مقادیر L، a و b می‌باشند (احتیاطی، ۱۳۸۷). مولفه L معادل روشنایی تصویر که بین ۰ معادل مشکی و ۱۰۰ معادل انعکاس کامل نور است. مقادیر مولفه a نامحدود است و مقادیر مثبت معادل رنگ قرمز و مقادیر منفی معادل رنگ سبز است. مقادیر مولفه b نامحدود است و مقادیر مثبت معادل رنگ زرد و مقادیر منفی معادل رنگ آبی است (CIE، ۱۹۷۶). از مولفه‌های a و b برای تعیین

مقادیر هیو (Hue) (H_{ab}) (معرف رنگ دیده شده) و کروما (chroma) (C_{ab}) (معرف شدت وضوح رنگ) براساس فرمول $H_{ab}=\arctan(b/a)$ و $C_{ab}=(a^2+b^2)^{1/2}$ استفاده گردید، این سیستم رنگی عملکرد مشابه چشم انسان دارد (Hunt، ۱۹۷۷؛ Wyszechi و Stiles، ۱۹۶۷).

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS ۱۸ و Excel ۲۰۰۷ انجام شد. برای مقایسه میانگین تیمارها پس از ارزیابی نرمالیتی داده‌ها از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA One-Way) استفاده گردید. مقایسه بین تیمارها به کمک آزمون دانکن (Duncan test) و وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد انجام شد. هم‌چنین برای فاکتورهای تغییر رنگ از روش Nonparametric استفاده گردید.

نتایج

در این تحقیق مقادیر مولفه L رنگ ماهی زبرا دنیو در روز ۲۰، ۴۰ و ۶۰ دوره پرورش اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵)، هم‌چنین بین تیمارهای مختلف در دوره پرورش اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۵)، اما بین تیمارهای شاهد و ۰/۵ درصد در روز ۲۰ و ۰/۵ و ۱ درصد در روز ۴۰ در دوره پرورش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). بالاترین و پایین‌ترین میزان مولفه L رنگ ماهی زبرا دنیو به ترتیب در تیمار ۰/۵ درصد روز ۶۰ دوره پرورش، ۵۸/۷۵±۱۴/۴۷ و تیمار ۱/۵ درصد روز ۲۰ دوره پرورش، ۴۷/۲۵±۱/۲۸ مشاهده شد (جدول ۲).

جدول ۲: تاثیر سطوح مختلف پودر جلبک کلرلا بر مولفه L رنگ ماهی زبرا دنیو (*Danio rerio*) طی دوره پرورش ۶۰ روزه

دوره پرورش (روز)	۲۰	۴۰	۶۰
تیمار (گرم در کیلوگرم جلبک کلرلا)			
شاهد	۴۹±۱/۰۱^{ae}	۵۲/۲۵±۳/۲۱^{af}	۵۳/۵±۱/۹۲^{ag}
تیمار ۰/۵	۴۸/۵±۳/۴۲^{ae}	۵۴/۲۵±۲/۵۶^{bf}	۵۸/۷۵±۴/۴۷^{bg}
تیمار ۱	۵۱/۵±۲/۷۱^{be}	۵۶±۲/۸۹^{cf}	۵۷/۲۵±۲/۰۹^{bg}
تیمار ۱/۵	۴۷/۲۵±۱/۲۸^{ce}	۵۴/۵±۳/۳۲^{bf}	۵۶±۲/۲۹^{cg}

حروف غیرهمنام در هر ستون و ردیف اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵)

در این تحقیق مقادیر مولفه a رنگ ماهی زبرا دنیو در روز ۲۰، ۴۰ و ۶۰ دوره پرورش اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید (P<۰/۰۵)، هم‌چنین بین تیمارهای مختلف در دوره پرورش اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۵)، اما بین تیمارهای ۱ و ۱/۵ درصد در روز ۲۰، ۴۰ و ۶۰ در دوره پرورش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). بالاترین و پایین‌ترین میزان مولفه a رنگ ماهی زبرا دنیو به‌ترتیب در تیمار ۱/۵ درصد روز ۶۰ دوره پرورش، ۵۳/۷۵±۴/۳۴ و تیمار شاهد روز ۲۰ دوره پرورش، ۲۳/۷۵±۲/۴۵ مشاهده شد (جدول۳).

جدول ۳: تاثیر سطوح مختلف پودر جلبک کلرلا بر مولفه a رنگ ماهی زبرا دنیو (*Danio rerio*) طی دوره پرورش ۶۰ روزه

دوره پرورش (روز)	۲۰	۴۰	۶۰
تیمار (گرم در کیلوگرم جلبک کلرلا)			
شاهد	۲۳/۷۵±۲/۴۵^{ae}	۲۷/۲۵±۳/۷۷^{af}	۳۰±۲/۶۵^{ag}
تیمار ۰/۵	۲۷/۵±۲/۸۱^{be}	۳۱±۳/۴۶^{bf}	۴۳/۵±۴/۹۵^{bg}
تیمار ۱	۳۱/۵±۲/۲۹^{ce}	۳۶±۳/۱۱^{cf}	۵۱/۷۵±۴/۲۵^{cg}
تیمار ۱/۵	۳۲/۲۵±۲/۳۲^{ce}	۳۸±۲/۸۶^{cf}	۵۳/۷۵±۴/۳۴^{cg}

حروف غیرهمنام در هر ستون و ردیف اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵)

در این تحقیق مقادیر مولفه b رنگ ماهی زبرا دنیو در روز ۲۰، ۴۰ و ۶۰ دوره پرورش اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید (P<۰/۰۵)، هم‌چنین بین تیمارهای مختلف در دوره پرورش اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۵)، اما بین تیمارهای ۱ و ۱/۵ درصد در روز ۲۰، ۴۰ و ۶۰ در دوره پرورش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). بالاترین و پایین‌ترین میزان مولفه b رنگ ماهی زبرا دنیو به‌ترتیب در تیمار ۱ درصد روز ۶۰ دوره پرورش، ۱۶±۰/۴۴ و تیمار شاهد روز ۲۰ دوره پرورش، ۳/۵±۰/۶۸ مشاهده شد (جدول ۴).

جدول ۴: تاثیر سطوح مختلف پودر جلبک کلرلا بر مولفه b رنگ ماهی زبرا دنیو (*Danio rerio*) طی دوره پرورش ۶۰ روزه

دوره پرورش (روز)	۲۰	۴۰	۶۰
تیمار (گرم در کیلوگرم جلبک کلرلا)			
شاهد	۳/۵±۰/۶۸^{ae}	۶/۲۵±۰/۶۶^{af}	۱۰±۰/۰۲^{ag}
تیمار ۰/۵	۷/۷۵±۰/۲۴^{be}	۱۱±۰/۱۱^{bf}	۱۲/۲۵±۰/۶۲^{bg}
تیمار ۱	۱۱/۵±۰/۸۸^{ce}	۱۴/۲۵±۰/۷۷^{cf}	۱۶±۰/۴۴^{cg}
تیمار ۱/۵	۱۲/۵±۰/۵۸^{ce}	۱۵/۷۵±۰/۹۷^{cf}	۱۴/۷۵±۰/۳۸^{cg}

حروف غیرهمنام در هر ستون و ردیف اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵)

مولفه هیو در این تحقیق در تیمارهای مختلف روزهای ۲۰، ۴۰ و ۶۰ دوره پرورش ماهی زبرا اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). هم‌چنین بین تیمارهای مختلف در دوره پرورش اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۵). فقط بین تیمار ۱ و ۱/۵ درصد در روز ۲۰ و ۴۰ دوره پرورش اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (P>۰/۰۵). بالاترین میزان مولفه هیو در تیمار ۱/۵ درصد روز ۴۰ دوره پرورش، ۲۲/۲۳±۱/۲۲ و پایین‌ترین میزان این مولفه در تیمار شاهد روز ۲۰ دوره پرورش، ۸/۶۴±۱/۸۴ به‌دست آمد (جدول ۵).

جدول ۵: تاثیر سطوح مختلف پودر جلبک کلرلا بر مولفه هیو رنگ ماهی زبرا دنیو (*Danio rerio*) طی دوره پرورش ۶۰ روزه

دوره پرورش (روز)	۲۰	۴۰	۶۰
تیمار (گرم در کیلوگرم جلبک کلرلا)			
شاهد	۸/۶۴±۱/۸۴^{ae}	۱۲/۵±۱/۴۵^{af}	۱۸/۳۵±۱/۳۵^{ag}
تیمار ۰/۵	۱۵/۸۱±۱/۷۲^{be}	۱۹/۱۰±۱/۷۷^{bf}	۱۵/۴۹±۱/۰۲^{bg}
تیمار ۱	۲۰/۱۳±۱/۶۹^{ce}	۲۱/۳۹±۱/۰۹^{cf}	۱۶/۸۱±۱/۶۶^{bg}
تیمار ۱/۵	۲۰/۸۶±۱/۵۵^{ce}	۲۲/۲۳±۱/۲۲^{cf}	۱۴/۸۹±۱/۹۲^{bg}

حروف غیرهمنام در هر ستون و ردیف اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵)

مولفه کروما در این تحقیق در تیمارهای مختلف روزهای ۲۰، ۴۰ و ۶۰ دوره پرورش ماهی زبرا اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). هم‌چنین بین تیمارهای مختلف در دوره پرورش اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۵). فقط بین تیمار ۱ و ۱/۵ درصد در روز ۲۰ و ۶۰ دوره پرورش اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (P>۰/۰۵). بالاترین میزان مولفه کروما در تیمار ۱/۵ درصد روز ۶۰ دوره پرورش، ۵۵/۸۶±۴/۴۹ و پایین‌ترین میزان این مولفه در تیمار شاهد روز ۲۰ دوره پرورش، ۲۴/۰۳±۱/۷۸ به‌دست آمد (جدول ۶).

جدول ۶: تاثیر سطوح مختلف پودر جلبک کلرلا بر مولفه کروما رنگ ماهی زبرا دنیو (*Danio rerio*) طی دوره پرورش ۶۰ روزه

دوره پرورش (روز)	۲۰	۴۰	۶۰
تیمار (گرم در کیلوگرم جلبک کلرلا)			
شاهد	۲۴/۰۳±۱/۷۸^{ae}	۲۸±۱/۳^{af}	۳۱/۷۲±۲/۳۷^{ag}
تیمار ۰/۵	۲۸/۶۱±۱/۰۶^{be}	۳۲/۹۳±۳/۹۱^{bf}	۴۵/۱۹±۲/۶۳^{bg}
تیمار ۱	۳۳/۵۶±۲/۴۵^{ce}	۳۸/۷۴±۲/۷۵^{cf}	۵۴/۱۷±۴/۵۷^{cg}
تیمار ۱/۵	۳۴/۷۱±۲/۸۸^{ce}	۴۱/۱۷±۳/۲۵^{df}	۵۵/۸۶±۴/۴۹^{cg}

حروف غیرهمنام در هر ستون و ردیف اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵)

بحث

یکی از جذاب‌ترین ویژگی‌های آبزیان رنگ آن‌ها می‌باشد که منبع رنگی آن‌ها از موادغذایی موجود در محیط زیست طبیعی آن‌ها می‌باشد (Kop و Durmaz، ۲۰۰۷). رنگ به‌عنوان یک عامل مهم در زندگی همه موجودات زنده، نقش عمده‌ای را ایفا می‌کند و وظایف متعدد مهمی را در ماهی به‌عهده دارد. از جمله این‌که در مراحل نوزادی، دستگاه عصبی مرکزی را از نور محافظت می‌کند یا به تنظیم درجه حرارت بدن کمک می‌نماید (ستاری، ۱۳۸۱).

در این تحقیق تغذیه ماهی زبرا دنیو با جلبک کلرلا تاثیر مطلوبی بر روی رنگ این گونه دارد، با توجه به این‌که بین تیمار ۱ و ۱/۵ درصد در مولفه‌های L، a، b، هیو و کروما اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (P>۰/۰۵)، به‌نظر می‌رسد تیمار ۱ درصد پودر جلبک کلرلا بهترین تیمار مورد استفاده برای رنگ ماهی زبرا می‌باشد. البته شایان ذکر است که رنگ قرمز و زرد پوست ماهی زبرا دنیو (مولفه‌های a، b) پس از دوره پرورش ۶۰ روزه بیش‌تر نمایان شده و شفافیت آن که مربوط به مولفه L می‌باشد نیز افزایش داشت.

James و همکاران (۲۰۰۶) تأثیر اسپیرولینا بر روی رنگ پذیری ماهی دم شمشیری قرمز (*Xiphophorus helleri*) را مورد بررسی قرار داد و نشان داد که اسپیرولینای ۸ درصد باعث حداکثر رنگ‌پذیری در این ماهی می‌شود. هم‌چنین James و همکاران (۲۰۰۹) اثر سطوح مختلف اسپرولینا با ویتامین E را مطالعه کرد که اسپیرولینا باعث افزایش رنگ ماهی گلدفیش شد که با این تحقیق مغایرت دارد. به‌طورکلی این جلبک اسپیرولینا و کنسانتره بوده که تاثیر بیش‌تری بر رنگ ماهی داشته و باعث افزایش محتوای کاروتنویید شده است. در تحقیق Vasudhevan و James (۲۰۱۱) اثر اسپیرولینا با سطوح مختلف ویتامین C را بر ماهی گلدفیش حاکی از افزایش رنگ این ماهی در سطوح بالای ویتامین C بوده و اسپیرولینا باعث افزایش رنگ ماهی شده است. هم‌چنین Tongsiri و همکاران (۲۰۱۰) اسپیرولینا را جایگزین پودر ماهی در تغذیه گربه ماهی آب شیرین کرد که باعث افزایش کاروتنوییدها در پوست و گوشت آن‌ها شد که در این تحقیق جیره غذایی مخلوط (اسپیرولینا و کنسانتره) بهتر جواب داد که علت وجود اسپیرولینا در جیره غذایی بوده است. این پژوهش ها نشان می‌دهد که اسپیرولینا می‌تواند محتوای کاروتنویید و رنگدانه را افزایش دهد. قائنی و همکاران (۱۳۸۹) اثر پودر اسپیرولینای خالص (تولید داخل) را بر رشد و بازماندگی مرحله لاروی میگوی ببری سبز (*Penaeus semisulcatus*) بررسی نمودند که رشد طولی لاروها بین تیمارهای مختلف، اختلاف معنی‌داری نداشت و تفاوت معنی داری بین تیمارهای شاهد و ترکیب پودر اسپیرولینای تولید داخل و مکمل غذایی Z plus در بقا و بازماندگی لاروها مشاهده شد. بیش‌ترین بقا مربوط به تیمار ترکیب پودر اسپیرولینای تولید داخل و مکمل غذایی تجاری Z plus (۷۶/۵ درصد) بود و حداکثر طول لارو مربوط به تیمار تغذیه شده با جلبک کیتوسروس (۴/۳ میلی‌متر) بود. مشعل‌چی و همکاران (۱۳۸۹) اثر آستاگزانتین و جلبک دونالیلا سالینا (*Dunaliella salina*) را بر رنگ پوست ماهی اسکار سفید (*Astronorus ocellatus*) مطالعه نمودند. نتایج نشان داد مولفه a^* که مقادیر مثبت آن معادل رنگ قرمز است، در تیمار آستاگزانتین و دونالیلا افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد نشان داد (P<۰/۰۵). مولفه L^* که معادل روشنایی تصویر است در تیمار آستاگزانتین کاهش معنی‌داری نسبت به دونالیلا و شاهد داشت (P<۰/۰۵)، ولی بین تیمار دونالیلا و شاهد تفاوت معنی داری مشاهده نگردید (P>۰/۰۵). مولفه b^* که مقادیر مثبت آن معادل رنگ زرد است در تیمار آستاگزانتین افزایش معنی‌داری نسبت به دونالیلا نشان

داد (P<۰/۰۵). هم‌چنین گزارش شده که جلبک دونالیلا سالینا (*Dunaliella salina*) نیز باعث افزایش رنگدانه پوست ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) می گردد (عمادی و همکاران، ۱۳۸۹). تغییرات ایجاد شده و قرمز شدن رنگ پوست ماهی سیچلاید (*Cichlasoma severum*) تحت تاثیر جیره غذایی جلبک قرمز تک سلولی سراتوم (*P. cruentum*) نیز تایید شده است (Kop و Durmaz، ۲۰۰۷).

به‌طورکلی در این تحقیق با توجه به این‌که بین تیمار ۱ و ۱/۵ درصد جیره کلرلا در مولفه‌های a، b، L، هیو و کروما اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (P>۰/۰۵) می‌توان بیان نمود که جیره غذایی حاوی ۱ درصد پودر جلبک کلرلا جهت تغذیه ماهی زبرا مناسب می باشد، زیرا میزان مولفه‌های رنگ با جیره غذایی حاوی ۱/۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارد (P>۰/۰۵). رنگ قرمز و زرد پوست ماهی زبرا دنیو (مولفه‌های a، b) پس از دوره پرورش ۶۰ روزه بیش‌تر نمایان شده و شفافیت آن که مربوط به مولفه L می‌باشد نیز افزایش داشت.

منابع

۱. **احتیاطی، ا.؛ محبی، ح. و شهیدی، ف.، ۱۳۸۷.** کاربرد پردازش تصویر در رنگ‌سنجی سطح نان غنی شده با آرد سویا. هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی. ۸ صفحه.

۲. **ریاحی، ح.، ۱۳۸۱.** جلبک‌شناسی. انتشارات دانشگاه الزهرا، چاپ اول، تهران. ۲۴۹ صفحه.

۳. **سالنامه آماری سازمان شیلات ایران. ۱۳۹۲.** سازمان شیلات ایران. دفتر برنامه‌ریزی گروه آمار و مطالعات توسعه شیلاتی. تهران. ۶۴ صفحه.

۴. **ستاری، م.، ۱۳۸۱.** ماهی شناسی (۱) تشریح و فیزیولوژی. انتشارات نقش مهر، چاپ اول، تهران. ۶۶۲ صفحه.

۵. **عادلی، ا.، ۱۳۸۹.** بازار مبادلات ماهیان زینتی ایران و جهان. نخستین همایش ملی ماهیان زینتی ایران. موسسه تحقیقات شیلات ایران. تهران. ایران.

۶. **عمادی، ح.؛ امانی‌نژاد، پ.؛ امتیازجو، م. و حسین‌زاده صحافی، ه.، ۱۳۸۹.** بررسی اثر جلبک دونالی‌یلا (*Dunaliella salina*) بر تغییرات رنگ پوست در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*). فصلنامه محیط زیست جانوری. جلد ۲، شماره ۲، صفحات ۵۷ تا ۶۶.

۷. **قائنی، م.؛ متین‌فر، م.؛ رومیانی، ل. و چوبکار، ن.، ۱۳۸۹.** ترکیبات شیمیایی پودر ریزجلبک اسپیرولینا. فصلنامه محیط زیست جانوری. جلد ۲، شماره ۱، صفحات ۵۵ تا ۶۱.

۸. **قربانی، ش. و سادات‌سوار، ن.، ۱۳۸۵.** مبانی جلبک شناسی. انتشارات امید، چاپ اول، قم. ۲۳۶ صفحه.

۹. **مشعل‌چی، م.؛ علیشاهی، م.؛ جواهری‌بابلی، م. و حجازی، م.ا.، ۱۳۸۹.** مقایسه اثر آستاگزانتین و جلبک دونالیلا سالینا (*Dunaliella salina*) بر رنگ پوست ماهی اسکار سفید (*Astronorus ocellatus*). فصلنامه زیست شناسی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. جلد ۲، شماره ۶، صفحات ۷۵ تا ۸۳.

10. **CIE (Commission Internationale de I, Eclairage). 1976.** Colorimetry, Publication no15. Bureau central de LaCIE, Vienna, Austria.14 p.

11. **Dring, M.J., 2003.** The Biology of Marine Plants. Cambridge University Press. 199 P.

12. **Gupta, S.K.; Jha, A.K.; Pal, A.K. and Venkateshwarlu, G., 2006.** Use of natural carotenoid s for pigmentation in fish. Natural Product Radiance. Vol. 6, No. 1, pp: 46-49.

13. **Hill, J.E.; Kapuscinski, A.R. and Pavlowich, T., 2011.** Fluorescent Transgenic Zebra Danio More Vulnerableto Predators than Wild-Type Fish. Transactions of the American Fisheries Society, Vol. 140, pp: 1001-1005.

14. **Hunt, R.W.G., 1977.** The specification of color appearance: I. Concepts and term. Color Research and Application. Vol. 2, pp: 55-68.

15. **James, R.; Vasudhevan, I. and Sampath, K., 2006.** Interaction of Spirulina with Different Levels of Vitamin E on Growth, Reproduction, and Coloration in Gold fish (*Carassius auratus*), Department of Zoology, V.O. Chidambaram College, Tuticorin 628 008, TN, India. 384 p.

16. **James, R.; Sampat, K.; Nagarajan, R.; Vellaisamys, P. and Maripandi Manicandan, M., 2009.** Effect of Spirulina on reduction of copper toxicity and improvement of growth, blood parameter and phosfatase activities in carp, *Cirrhinua mrigala*. Indian Journal of ***Experimental*** Biology. Vol. 47, pp: 754-759.

17. **Janczyk, P.; Franke, H. and Souffrant, W.B., 2007.** Nutritional value of Chlorella vulgaris: Effects of ultrasonication and electroporation on digestibility in rats. Animal Feed Science and Technology. Vol. 132, pp: 163-169.

18. **Koerber, A.S. and Kalishman, J., 2009.** Preparing for a Semiannual IACUC Inspection of a Satellite Zebrafish (*Danio rerio*) Facility. Journal of the American Association for Laboratory Animal Science. Vol. 48, No. 1, pp: 65-75.

19. **Kop, A. and Durmaz, Y., 2007.** The effect of synthetic and natural pigments on the colour of the cichlids (*Cichlasoma severum* sp., Heckel 1840). Aquaculture. Vol. 16, pp: 117-122.

20. **Lawrence, C., 2007.** The husbandry of zebrafish (Danio rerio): A review. Aquaculture. Vol. 269, pp: 1-20.

21. **Morita, K.; Matsueda, T.; Iida, T. and Hasegawa, T., 1999.** *Chlorella* accelerates dioxin excretion in rats. Journal Nutrition. Vol. 129, pp: 1731-1736.

22. **Quigley I.K. and Parich D.M., 2002.** Pigment Pattern Formation in Zebra fish: A Model for Developmental Genetics and the Evolution of Form. Microscopy Research and Technique. Vol. 58, pp: 442-455.

23. **Richmond, A. and Hu, Q., 2013.** Hand book of Micro algal Culture. Applied Phycology and Biotechnology. 2nd Edition. 726 P.
24. **Saddhe, A.A.; Banerjee, G.; Jamdadeh, R.A. and Thete, K.D., 2013.** Zebra fish the reliable vertebrate model organism, DCSI, Vol. 9, No.1, pp: 172-182.
25. **Tongsiri, S.; Mang-Amphan, K. and Peerapornpisal, Y., 2010.** Effect of Replacing Fishmeal with *Spirulina* on Growth, Carcass Composition and Pigment of the Mekong Giant Catfish. Asian Journal of Agricultural Sciences. Vol. 2, No.3, pp: 106-110.
26. **Vasudhevan, I. and James, R., 2011.** Effect of optimum Spirulina along with different levels of vitamin C incorporated diets on growth, reproduction and coloration in goldfish *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758). Indian Journal of Fisheries. Vol. 58, pp: 101-106.
27. **Wyszecki, G. and Stiles, W.S., 1967.** Color Science. John Wiley and Sons, New York, USA. 658 p.
28. **Yam, K.A. and Papadakis, S.E., 2004.** A Simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. Journal of Food Engineering. Vol. 61, No. 1, pp: 137-142.